

## KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

### PUBLICATION

(51) IPC Code: G01B 11/30

(11) Publication No.: P2001-0074651

(43) Publication Date: 4 August 2001

(21) Application No.: 10-2001-7000135

(22) Application Date: 5 January 2001

(71) Applicant:

ETEC SYSTEMS INC.

26460 Hayward Corporate Avenue 94545 California U.S.A.

(72) Inventor:

MURRAY LORENSPI

KIM, HO-SEOB

CHANGTI. H. PHILIP

(54) Title of the Invention:

Integrated microcolumn and scanning probe microscope array

### Abstract:

An apparatus of processing a wafer and inspecting the wafer surface includes a microcolumn and a scanning probe microscope. The scanning probe microscope provides atomic resolution for a highly localized region of a wafer. The microcolumn enables the high-speed scanning of a wafer at a relatively high resolution. The microcolumn and the scanning probe microscope can be partially manufactured outside the same substrate or can be a part of an array of a microcolumn and/or a scanning probe microscope. The apparatus can be used in fields of imaging, lithography, and spectroscopy.

(19) 대한민국특허청 (KR)  
(12) 공개특허공보 (A)

(51) 。 Int. Cl. 7  
G01B 11/30

(11) 공개번호 특2001-0074651  
(43) 공개일자 2001년08월04일

(21) 출원번호 10-2001-7000135  
(22) 출원일자 2001년01월05일  
번역문 제출일자 2001년01월05일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2000/12241  
(87) 국제출원출원일자 2000년05월04일

(87) 국제공개번호 WO 2000/67290  
(87) 국제공개일자 2000년11월09일

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구아바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카연방, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그레나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 유고슬라비아, 남아프리카, 짐바브웨, 코스타리카,  
AP ARIPO특허: 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 시에라리온, 가나, 감비아, 우간다, 짐바브웨, 탄자니아,  
EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,  
EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,  
OA OAPI특허: 부르키나파소, 베냉, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기네, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기네비쑤,

(30) 우선권주장 09/305,975 1999년05월05일 미국(US)

(71) 출원인 에 텍시스템즈인코포레이티드  
게스레이 마크  
미국 캘리포니아 94545 하이워드 코포레이트 에비뉴 26460

(72) 발명자 머레이로렌스피.  
미국캘리포니아주(우편번호:94556)모라가버킹검드라이브62  
김호섭  
대한민국인천광역시부평구현대아파트116동1307호  
창티.에이치.필립  
미국캘리포니아주(우편번호:94404)밀피타스니미츠레인1105

(74) 대리인                      김명신  
   이동기  
   최민서

심사청구 : 없음

---

(54) 집적화된 마이크로컬럼과 주사프로브현미경 어레이

---

요약

웨이퍼의 처리 및 표면 검사용 장치는 마이크로컬럼 및 관련 주사프로브현미경을 포함하고, 상기 주사프로브현미경은 웨이퍼의 고도로 국부화된 영역의 원자 분해능을 제공하며, 상기 마이크로컬럼은 비교적 높은 분해능에서 웨이퍼의 고속 주사를 가능하게 하며, 마이크로컬럼 및 주사프로브현미경은 동일한 기관 외부에서 부분적으로 제조될 수 있고, 또한 마이크로컬럼 및 주사프로브현미경은 마이크로컬럼 및/또는 주사프로브현미경 어레이의 일부가 될 수 있으며, 상기 장치는 영상화, 리소그래피, 및 분광학에서 사용될 수도 있는 것을 특징으로 한다.

대표도

도 1

명세서

기술분야

본 발명은 전자빔 기술에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 표면 검사 및 미소제조 (microfabrication)를 위해 주사프로브 현미경 및 마이크로컬럼을 포함하는 장치에 관한 것이다.

배경기술

전자빔 기술에서의 최근 경향은 저전압 주사 전자 검경법을 지향하고 있다. 저전압 주사 전자 검경법은 표면 검사, 도량형, 실험, 및 리소그래피에서 응용된다.

종래의 주사전자현미경 (scanning electron microscope, SEM)은 큰 고정된 디바이스이다. SEM이 반도체 - 관련 검사 및 실험 등의 많은 응용성을 갖지만, 종래의 SEM은 그 크기, 고정성, 및 그와 관련된 비용때문에 그 유용성에 한계가 있다. 예를 들어, SEM에 대하여 관찰되고 있는 샘플이 검사과정동안 이동되어야 하기때문에, 종래의 SEM은 샘플보다 훨씬 큰 진공챔버를 사용해야 한다. 또한, 3차원 - 유사 표면 특징 영상화를 위해 필요한 빔 입사각을 생성하기 위해서 종래의 SEM과 관련된 각도로 샘플이 배치되어야 한다. 이것은 크거나 정밀한 샘플을 다루기 어렵게 한다. 또한, 종래의 SEM의 처리량은 단 하나의 현미경만이 한번에 한 샘플을 관찰할 수 있기 때문에 제한된다.

SEM을 개선하기 위한 노력으로 축소형 전자빔 마이크로컬럼 ("마이크로컬럼들")이 생성되었다. 마이크로컬럼은 주사 터널링현미경 (scanning tunneling microscope, STM) 피드백 이론하에서 동작하는 전계방출 소스 및 미소제조된 전자광학구성요소에 기초한다. 마이크로컬럼들은 일반적으로 T.H.P.Chang 등의 논문 "Electron Beam Technology - SEM to Microcolumn" (32Microelectronic Engineering113 - 30(1996)), 및 T.H.P.Chang 등의 논문 "Electron - Beam Microcolumns for Lithography and Related Applications" (B 14(6)Journal of Vacuum Science Technology3774 - 81(Nov./Dec.1996))에서 논의되어 있고, 상기 논문들은 참조에 의해 본 명세서에서 구체화되어 있다.

마이크로컬럼들이 높은 주사속도로 높은 분해능(resolution)을 제공하지만, 원자분해능을 제공할 수는 없다. 분광학 또는 지형학 등의 원자 레벨에서의 정보는 미소제조에서의 인라인 품질 제어 또는 등록을 위해 필요할 수 있다. 또한, 리소그래피에서, 마이크로컬럼들은 매우 작은 특징을 기록하기 위한 그 능력에 한계가 있다. 따라서, 마이크로컬럼보다 폭넓은 범위의 분해능을 갖고 원자크기 특징을 기록할 수 있는 장치를 제공하는 것이 바람직하다.

#### 발명의 상세한 설명

본 발명은 단일 장치에 마이크로컬럼과 주사프로브현미경을 결합함으로써 상기 문제점을 처리한다. 상기 장치는 마이크로컬럼 또는 주사프로브현미경중의 어느 한쪽보다 더 큰 범위의 분해능 및 주사영역 크기를 제공한다. 또한, 작은 크기의 상기 장치는 한정된 공간에서 사용하기에 적당하다. 이러한 다목적 장치는 영상, 리소그래피, 및 분광학 분야에서 응용될 수 있다.

본 발명의 한 측면에 따르면, 웨이퍼의 미소제조 또는 표면 검사용 장치는 마이크로컬럼 및 관련 주사프로브현미경을 포함한다. 양쪽 모두 단일 지지구조체상에 장착될 수 있다. 예를 들어 주사터널링현미경 또는 원자력(atomic force) 현미경이 될 수 있는 주사프로브현미경은 마이크로컬럼이 전체 샘플의 어느 정도 신속한 주사를 허용하는 동안 웨이퍼상의 특징의 원자 분해능을 제공한다.

본 발명의 다른 측면에 따르면, 웨이퍼의 미소제조 또는 표면 검사용 장치는 한 어레이의 마이크로컬럼 및 적어도 하나의 주사프로브현미경을 포함한다. 적어도 하나의 주사프로브현미경은 웨이퍼상의 특징의 원자 분해능을 제공하기 위해서 마이크로컬럼 어레이내 적어도 하나의 마이크로컬럼과 관련된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 웨이퍼의 패턴화 또는 검사방법은 복수의 마이크로컬럼 및 적어도 하나의 주사프로브현미경을 포함하는 어레이를 제공하는 단계, 및 마이크로컬럼의 어레이의 각각의 마이크로컬럼이 웨이퍼의 각각의 다이상에 배치되도록 웨이퍼상에 어레이를 배치하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 또한 웨이퍼의 다이를 검사 또는 패턴화하거나, 또는 마이크로컬럼을 이용하여 다이상의 패턴을 선택적으로 노출시키는 단계를 포함한다. 주사프로브현미경은 웨이퍼 및/또는 패턴상에 어레이를 배치하고 다이상에서 원자크기 특징을 검사한다. 동시적인 동작은 고속 검사 또는 리소그래피 공정을 제공한다.

#### 도면의 간단한 설명

본 발명은 첨부한 도면을 참조함으로써 더 이해될 수 있고, 그 다수의 목적, 특징, 및 이점이 당업자에게 명백해진다.

도 1은 샘플위에 배치된 주사프로브현미경 및 마이크로컬럼을 포함하는 본 발명의 한 실시예에 따른 장치의 투시도,

도 2는 도 1의 마이크로컬럼의 구조분해도,

도 3은 도 1 및 도 2의 마이크로컬럼에서 마이크로컬럼 소스 및 마이크로렌즈의 구조분해도,

도 4는 도 1의 주사프로브현미경의 개념적 블록도,

도 5는 한 어레이의 마이크로컬럼 및 주사프로브현미경을 나타내는 본 발명의 대안적인 실시예에 따른 장치의 투시도,

도 6은 도 5의 선 6-6을 따라 일반적으로 취해진 확대된 부분적 단면도,

도 7은 마이크로컬럼 및 관련된 주사프로브현미경의 한 어레이를 나타내는 본 발명의 다른 대안적인 실시예에 따른 장치의 투시도, 및

도 8은 한 어레이의 마이크로컬럼 및 관련된 주사프로브현미경을 나타내는 본 발명의 또 다른 대안적인 실시예에 따른 장치의 개략적 평면도이다.

서로 다른 도면에서 동일한 참조부호를 사용한 것은 유사하거나 동일한 항목을 표시하는 것이다.

#### 실시에

도 1은 반도체 웨이퍼 또는 샘플(12)위에 위치되는 본 발명의 장치(10)를 설명한다. 장치(10)는 지지 구조체(18)상에 함께 부착되는 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)을 포함한다. 지지 구조체(18)는 샘플(12)을 향하여 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)을 이동시키기 위해 3차원 압전기 구동기(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 마이크로컬럼(14)(및 관련되는 전자 검출기) 및 주사프로브현미경(16)의 결합체는 많은 적용이 존재하도록 장치(10)에서 광역의 분해능을 제공한다. 마이크로컬럼(14)은 고속 주사속도를 가지므로, 신속하게 주사하고 그와 관련된 종래의 검출기에 샘플(12)에 대한 정보를 제공할 수 있도록 한다. 그러나, 마이크로컬럼(14)은 샘플의 높은 분해능을 제공할 수 없어, 주사 처리동안에 샘플로부터 비교적 멀리 떨어져 유지된다. 마이크로컬럼(14)의 팁과 샘플(12)사이에서 일반적인 작동 거리는 약 1mm가 된다. 반면, 주사프로브현미경(16)은 샘플(12)의 매우 높은 분해능을 제공하기 위하여 샘플(12) 표면의 나노미터내에 있는 프로브 팁(20)을 구비한다. 하기에서 상세하게 기술되어지는 것처럼, 주사터널링현미경(STMs), 원자력현미경(AFMs), 또는 자기력현미경(MFMs)등을 포함하는 다양한 주사프로브현미경(16)들이 사용되어질 수 있다. 그 프로브 팁(20)이 샘플(12)의 표면에 기계적으로 주사하는 주사프로브현미경(16)은 샘플(12)의 원자 레벨 근처에 정보를 제공한다. 이러한 정보는 지형학적, 분광학적 또는 자기적일 수 있다. 그러나, 주사프로브현미경(16)은 샘플(12) 표면을 가로지르는 기계적 주사가 필요하고 따라서 표면을 따라 전자빔을 전기적으로 주사하는 마이크로컬럼(14)보다 더욱 느리게 작동한다. 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)의 통합은 영상화, 리소그래피 및 분광학과 같은 많은 응용에 사용할 수 있는 다용도 장치(10)를 생성한다.

도 2의 분해도는 샘플(12)위에 위치되는 마이크로컬럼(14)과 샘플(12)아래에 위치되는 관련 채널트론(channeltron) 전자검출기(22)를 설명한다. 샘플(12)은 적절한 지지체(도시되지 않음)상에 존재한다. 샘플(12)이 전자가 통과될 정도로 투명하면, 검출기(22)는 주사 투과 전자 현미경(STEM) 상을 발생시킬 수 있다. 마이크로컬럼(14)은 필드 이미터 팁(field emitter tip; 24)을 구비하고 소형의 콜드-필드 또는 쇼트키 이미터인 전자 소스(도시되지 않음)를 포함한다. 팁(24)은 하나의 크리스탈-텅스텐, 하프늄 카바이드 또는 다이아몬드 팁, 또는 Zr/O/W 쇼트키-타입 이미터 팁과 같은 콜드-필드 이미터 팁일 수 있다. 팁(24)은 3축 STM-타입 X-Y-Z 포지셔너(positioner)와 같은 포지셔너(26)상에 부착되어진다. 포지셔너(26)는 각각의 축을 따라 약 10 $\mu$ m씩 약 1mm까지 이동 범위를 가진다. 포지셔너(26)는 나노미터 규모의 위치결정 정확성 능력을 구비하고 팁(24)과 전자 광 칼럼(28)을 정렬시키는데 사용된다. 칼럼(28)은 다양한 구성요소를 포함한다. 칼럼(28)은 약 3.5mm의 길이를 가진다.

실시예의 목적을 위해, 팁(24)은 추출기(32)의 5 $\mu$ m 지름 구멍(30)과 정렬되어진다. 추출기(32)는 선택적으로 스케일되는 이중 전극 소스(38)를 형성하기 위해 100 $\mu$ m의 지름 구멍(36)을 가지는 양극(34)과 결합되어진다. 이중 전극 소스(38)는 구멍부재(44)의 빔 제한 구멍(42)으로 발생하는 전자 빔(40)을 나아가게 한다. 몇 마이크로와 비슷한 구멍(42)은 2.5 $\mu$ m의 지름을 가진다. 선택되는 간격 및 구멍 크기는 샘플(12)에서 전자 빔(46)의 수렴을 결정한다.

구멍(42)으로부터, 전자빔(46)은 빔편향기(48)를 관통한다. 빔편향기(48)는 하나의 장치 또는 다중 장치 팔중극 스케너/스티그메이터일 수 있다. 편향기(48)는 빔(46)이 샘플(12)을 가로지르도록 반사하거나 주사한다. 다중 전극 아인젤 렌즈(50)는 1-2mm의 작동 거리에서 빔(48)을 샘플(12)상에 집중시킨다. 렌즈(50)는 200 $\mu$ m와 유사한 지름을 가지는 구멍을 각각 구비하는 세 전극(52, 54, 및 56)을 포함한다.

마이크로컬럼(14)은 선택적으로 샘플(12)에서 위로 산발되는 전자를 검출하는 전자 검출기(60)를 포함한다. 검출기(60)는 이차적으로 후방으로 산발되는 전자를 위한 마이크로채널 플레이트 전자 검출기일 수 있고 또는 후방으로 산발되는 저 에너지 전자를 위한 금속-반도체 검출기일 수 있다. 마이크로컬럼(14)은 검사 및 영상화에 적절한 일반적인 전자 에너지 범위, 예를들면 50eV에서 5keV까지의 에너지 빔을 생성하도록 작동한다.

도 2는 마이크로컬럼(14)에서 이용될 수 있는 많은 전자방출원 및 전자 광 칼럼의 실시예중 한 실시예만을 설명할 뿐이다. 마이크로컬럼(14)용으로 적절한 전자방출원 및 전자 광 칼럼의 또 다른 실시예는 E. Kratschmer 등의 "Experimental Evaluation of a 20×20mm Footprint Microcolumn" (B 14(6)Journal of Vacuum Science Technology 3792-96(Nov./Dec.1996)); "Electron-Beam Sources and Charged-Particle Optics" (2522SPIE4-12(1995)); M.G.R. Thompson 등의 "Lens and Deflector Design for Microcolumns" (13(6)Journal of Vacuum Science Technology 2245-49(Nov./Dec.1995)); H.S. Kim 등의 "Miniature Schottky Electron Source" (13(6)Journal of Vacuum Science Technology 2468-72(Nov./Dec.1995)); Chang 등의 미국특허 제 5,122,663 호; 및 Chang 등의 미국특허 제 5,155,412 호에 개시되어지고, 이러한 모든 기술은 본 발명에서 구체화된다.

도 3은 소스 렌즈(38)와 아인젤 렌즈(50)의 구성의 한 예를 설명한다. 구성에 대한 상세한 설명은 K.Y.Lee 등의 "High Aspect Ratio Aligned Multilayer Microstructure Fabrication" (12(6)Journal of Vacuum Science Technology 3425-30(Nov./Dec. 1994))에서 개시되어지며, 또한 본 발명에서도 구체적으로 설명되어진다. 소스(38)는 100-500 $\mu$ m 두께의 절연층(68, 70)과 떨어져 간격을 이루는 다수의 실리콘 웨이퍼 또는 칩(62, 64, 및 66)을 포함한다. 스케일되지 않는 층(68,70)은 일반적으로 PYREXTM과 같은 유리로 형성되어진다. 소스(38)를 형성하기 위해, 칩(62, 64, 및 66)과 층(68, 70)은 정확하게 정렬되고 일반적인 전기화학의 양극 접착에 의해 함께 접촉된다.

접착처리전에, 전자 빔 리소그래피와 활성-이온 에칭은 실리콘 칩(62, 64, 및 66)에서 각각 실리콘 막(72, 74, 및 76)을 형성한다. 막(72, 74, 및 76)은 약 1-2 $\mu$ m의 두께를 가진다. 그때 막(72, 74, 및 76)에서 구멍(78, 80, 및 82)과 같은 필수 빔 구멍이 각각 형성되어진다. 막(72, 74, 및 76)과 구멍(30, 36, 및 42)은 소스 렌즈(38)의 요소(32, 34, 및 44)를 형성한다.

아인젤 렌즈(50)의 전극(52, 54, 및 56)은 유사하게 형성된 중심 실리콘 막(78, 80, 및 82)과 구멍(58)을 포함한다. 또한 아인젤 렌즈(50)는 PYREXTM 절연층(84, 86)과 구멍(88, 90)을 포함한다. 구멍(88 및 90)은 구멍(58)보다 더 크다. 막(78, 80, 및 82)과 층(84, 86)은 정렬되어지고 일반적으로 아인젤 렌즈(50)를 형성하기 위하여 함께 접촉되어진다.

도 4에서는 장치(10)의 주사프로브현미경(16)이 개념적으로 설명되어진다. 주사프로브현미경(16)은 프로브(96)을 모터화하고 제어하기 위한 제어기(94), 기계적 주사 시스템(98), 및 디스플레이 시스템(100)을 포함하는 종래의 피드백 시스템(92)을 이용한다. 기계적 주사 시스템(98)은 기계적 주사 작동동안에 샘플(12)위로 주사프로브현미경(16)의 프로브(96)을 이동시키고, 디스플레이 시스템(100)은 샘플의 표면주위 정보를 표시한다. 프로브(96)의 한 단부에서 아래로 확장되는 것은 압전기 제어회로(101)에 의해 이동이 제어되는 프로브 팁(20)이다. 또한 주사프로브현미경의 상세한 설명은 발명의 명칭이 "Scanning Probe Microscope Utilizing an Optical Element in a Waveguide for Dividing the Center Part of the Laser Beam Perpendicular to the Waveguide" 인 미국특허 제 5,231,286 호에 개시되어지고 이것은 본원발명에서 구체적으로 설명되어진다. 상기에서 논의한 바와같이, 주사프로브현미경(16)은 개별적인 원자를 볼 수 있는 원자 스케일 이하의 분해능을 제공한다. 주사프로브현미경(16)의 분해능은 서브-나노미터 레벨에서, 예를들어 0.1nm, 마이크로미터 레벨까지의 범위이다. STM, AFM 또는 MFM과 같은 어떤 주사프로브현미경은 샘플(12)을 이미지시키기 위하여 마이크로컬럼(14)과 결합되어 사용되어질 수 있다. 또한 STMs 및 AFMs는 리소그래피에 적용되도록 사용되어질 수 있고, STMs는 분광기에서도 사용되어질 수 있다.

양자 터널링을 적용하는 STMs은 샘플의 특징을 이미지시키는 효과가 있다. STM에서, 프로브 팁(20)은 전기적으로 도전성이고, 프로브 팁(20)이 샘플(12)의 표면을 가로질러 래스터-주사되어지면, 제어전압이 압전기 결정체(102)에 적용되어, 프로브 팁(20)과 샘플(12)사이를 흐르는 터널 전류의 값이 일정하게 유지된다. 터널 전류는 프로브(96)와 샘플(12)사이의 거리에 의존하기 때문에, 압전기 결정체(102)는 샘플(12) 표면에 따른 프로브 팁(20)과 교체된다. 프로브 팁(20)의 교체에 대응하는 이미지 데이터는 터널 전류 상수를 유지시키도록 압전기체에 적용되는 제어전압으로부터 결정되어진다. 터널 전류는 프로브 팁과 샘플사이에 위치 차이가 있을때만 프로브 팁(20)과 샘플표면사이의 갭을 가로질러 흐르기 때문에, STMs는 샘플의 표면에 전자를 도전시키는 적용에는 제한되어진다.

STMs는 샘플상에서 라이팅 패턴(writing pattern)을 할 수 있다. 특히, 리소그래피의 한 방법에서는, 터널 전류는 STM의 프로브 팁(20)과 샘플(12)사이에서 선택적으로 적용되지만, 가스는 샘플(12)에 공급되어진다. 샘플(12)의 일 부분에서는 터널링 전류 흐름이 가스로부터 원자 또는 분자를 흡수한다. 이것으로, 원자 또는 분자의 원하는 양 및 패턴이 샘플(12)상에 침전되어질 수 있고, 전자 빔의 분해능력은 패턴에서 최소 특징 크기를 결정한다. 분해능력을 제어하는 프로브 팁(20)의 지름은 1nm만큼 작아질 수 있다. 또다른 특징은 터널링 전자에 의해 저항 재료의 저전압 노출을 유도할 수 있다. 또한 샘플(12)에서 재료의 제거는 STM과 함께 실행되어질 수 있다. 얇은 필름은 프로브 팁(20)의 지름에 의해 결정되는 빔의 분해능력으로 에칭되어질 수 있다. STMs를 이용하는 리소그래피의 예는 발명의 명칭이 "Lithography Apparatus Using Scanning Tunneling Microscopy" 인 미국특허 제 5,227,626 호에서 개시되어지고, 이것은 본 발명에서 구체화된다.

게다가, STMs는 분광기에서 사용되어질 수 있다. STMs는 선택성 전압에서 전류를 적용하기 때문에, STMs는 밴드 구조, 표면 상태, 접촉 에너지 및 샘플의 국부 영역의 원자 구성과 같은 정보를 제공할 수 있다.

AFMs는 샘플 표면의 3차원 이미지를 제공하고 전기적으로 도전성인 표면을 가지는 샘플에 제한되지 않는다. 이것으로, AFMs를 이용하는 영상화 및 리소그래피는 절연체를 적용할 수 있다. AFMs는 샘플(12)과 접촉하고 유연성 캔틸레버(cantilever)(104)상에 부착되는 프로브(96)를 이동시키고, 샘플(12)의 표면을 가로질러 주사되어질때 캔틸레버(104)의 반사를 측정하는 것에 의해 작동되어진다. 프로브 팁(20)이 샘플(12)위로 통과할때, 자기력에 대응하는 거리에 의해 샘플(12)에서 원자사이의 힘이 작용하고 프로브 팁(20)에 편향된다. 캔틸레버(104)는 캔틸레버의 교차 상수를 유지시키도록 피드백 제어되는 압전기 결정체(102)를 포함한다. 캔틸레버(104)에 적용되는 전압은 샘플(12)의 분자의 표면 배열과 결합하여 변화되고, 샘플(12) 표면의 이미지는 적용된 전압 정보를 기초로 하여 발생된다.

캔틸레버(104)가 작은 스프링 상수와 높은 공진 주파수를 가질 수 있도록 AFM의 캔틸레버(104)는 실리콘 미세 가공 기술에 의해 만들어진다. 프로브 팁(20)은 캔틸레버(104)의 자유 단부에서 부착되어진다. 일반적으로 AFM 프로브 팁은 Park Scientific Instrument사에 의해 제조되는 표준  $\text{Si}_3\text{N}_4$  각추의 팁이고, 80nm 팁 지름을 구비한다. 리소그래피 적용에서는, 예를들어 30nm의 Ti가 프로브 팁(20)상에 침전되어진다. AFMs는 어떤 영역을 산화시키기 위해서 프로브 팁(20)에 의해 발생된 전계에서 샘플의 H-보호막된 Si 표면을 노출시키는 것에 의해 샘플상에 라이트 패턴할 수 있다. 이러한 처리는 E.S.Snow 등의 "Fabrication of Si Nanostructures with an Atomic Force Microscope" (64(15) Appl.Phys.Lett.1932-34(April 11,1994))에서 개시되어지고, 이것은 본 발명에서 구체화되어진다.

마지막으로, MFM은 AFM의 구조와 유사한 구조를 구비한다. MFM의 프로브(96)는 자기 재료로 형성되어진다. 따라서, MFM은 프로브 팁(20)과 샘플의 표면에 자기 입자사이에 작용하는 자기력을 이용하여 샘플 표면의 이미지를 생성한다.

마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)은 하나의 유닛 장치(10)와 같이 결정체 실리콘으로부터 미세 가공되어지는 것이 바람직하다. 도 5는 주사프로브현미경(16)의 마이크로컬럼(14) 및 프로브 부분의 배열이 하나의 공통 전극(59)상에 제조되는 대안적인 실시예의 장치(105)를 도시한다. 도 6에서는 장치(105) 일부의 단면도가 제공되고, 전극(59)이 주사프로브현미경(16)의 프로브 부분에 대한 기판 재료와 마이크로컬럼(14) 및 주사프로브현미경(16)의 아인젤 렌즈(50)의 전극(56)에서 작용되는 방법을 설명한다. 마이크로컬럼(14)은 아인젤 렌즈(50)의 전극(56)없이, 상기 기술된 방법을 이용하여 평행하게 제조되어진다. 그때 두 서브-조립체는 정렬되어지고 양극 접촉 또는 레이저 접촉 기술을 이용하여 함께 접촉되어진다. 이렇게 통합된 장치의 정확성은 접촉 시스템의 정렬 정확성에 의해 제한되어진다. 마이크로컬럼의 마지막 전극과 주사프로브현미경은 기초위치에서 작용하기 때문에, 그들 사이의 분리가 필요하지 않다. 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)의 나머지는 종래적으로 형성되어진다.

대안적으로, 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)은 분리되게 제조되어지고 그때 도 1의 지지 구조체(18)에 조립되어진다. 그러나, 이것은 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)사이에서 적절한 정렬이 필요하다. 장치(10)는 미세가공되어진다면  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$  처럼 작게 할 수 있고, 또는  $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 로 크게 할 수 있다. 작은 크기는 장치(10)가 매우 높은 기계적 안전성을 가지면서, 높은 진공을 포함하는 챔버와 같은 공간내에서 작동할 수 있는 장점이 있다.

장치(10)는 마이크로컬럼(14)이나 주사프로브현미경(16)중 단독으로 사용하는 것보다 높은 분해능의 범위를 제공하며 다수의 적용에 사용되어질 수 있다. 장치(10)의 마이크로컬럼(14)은 고속으로 샘플(12)의 상대적으로 큰 표면 영역의 이차원 영상화를 제공하지만, 주사프로브현미경(16)은 보다 상세하게 국소적이고, 분광기의 또는 자기 정보와 같은 국부적인 정보를 제공한다. 게다가, 마이크로컬럼(14)은 샘플(12)의 큰 영역을 패턴시키는데 사용할 수 있지만, 주사프로브현미경(16)은 샘플(12)상에 원자크기 특징을 패턴시킨다. 또한 장치(10)에서 마이크로컬럼(14)과 주사프로브현미경(16)의 결합체는 인-라인 특성 제어를 할 수 있고, 이것에 의해 높은 처리율의 리소그래피가 발생된다.

이제 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 대안적인 실시예는 샘플(12)상에 배치된 것으로 도시된다. 도 7에서, 장치(110)는 단일 마이크로컬럼(14)과 관련된 주사프로브현미경(16)의 어레이(112)를 포함한다. 주사프로브현미경(16)의 프로브의 어레이(112) 및 마이크로컬럼(14)은 샘플(12)상에서 동시에 동작할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 어레이(112)의 중심에서 주사프로브현미경(16)은 STM(114)이고, 어레이(112)의 가장자리를 따른 주사프로브현미경(16)은 AFM(116)이다. 가장자리 AFM(116)은 샘플(12)상의 정렬 목표(118)에 대해 장치(110)의 위치의 비파괴적인 서브나노미터 측정을 제공할 수 있다. 상기 측정은 샘플(12)위에 장치(110)를 배치하기 위해 사용될 수 있고, 여기서 중앙 STM(114)은 마이크로컬럼(14)이 상호접속부 및 패드를 기록하는 동안 샘플(12)상에 원자크기 디바이스를 기록하기 위해 사용될 수 있다.

도 8은 본 발명의 또 다른 대안적인 실시예의 평면도를 나타낸다. 장치(210)는 마이크로컬럼(14)의 어레이(212)를 포함하고, 각각의 마이크로컬럼(14)은 그와 관련된 적어도 하나의 주사프로브현미경(16)을 갖는다. 도 7에 도시된 바와 같은 주사프로브현미경의 어레이는 각각의 마이크로컬럼(14)을 위해 제공될 수도 있다. 도 8에서, 샘플(12)은 복수의 다이(214)를 갖는 웨이퍼이다. 장치(210)는 각각의 마이크로컬럼(14) 및 그 관련된 주사프로브현미경(16) 또는 주사프로브현미경의 어레이가 웨이퍼(12)의 각각의 다이(214)위에 있도록 웨이퍼(12)상에 배치된다. 마이크로컬럼(14)의 어레이(212)를 갖는 장치(210)는 복수의 패턴이 웨이퍼(12)의 다이(214)상에 동시에 형성될 수 있기 때문에, 높은 처리율의 리소그래피를 제공한다.

상기한 실시예중의 임의의 실시예에서, 본 발명은 2가지 방법중 적어도 하나의 방법에서 사용될 수 있다: 첫째, 제 1 도구로서의 마이크로컬럼 및 제 2 도구로서의 주사프로브현미경을 이용; 또는 둘째, 제 1 도구로서 주사프로브현미경 및 제 2 도구로서 마이크로컬럼을 이용. 예를 들어, 도 8의 장치(210)의 한 응용에서는 샘플 또는 기판상의 특징을 패턴화하기 위해 제 1 도구로서 마이크로컬럼(14)을 이용한다. 가장자리 주사프로브현미경(16)은 웨이퍼(12)의 각각의 다이(214)와 마이크로컬럼(14)을 정렬하기 위해서 등록용 제 2 도구가 되어서, 각각의 마이크로컬럼(14)이 웨이퍼(12)의 정확한 영역을 패턴화하도록 한다. 이러한 경우, STM 또는 AFM중의 하나가 될 수 있는 가장자리 주사프로브현미경(16)은 웨이퍼(12)의 가장자리를 따라 위치한 정렬 목표(118)를 위해 주사한다. 가장자리 주사프로브현미경(16)은 그 후 웨이퍼(12)의 다이(214)에 대한 마이크로컬럼(14)의 위치를 조정하기 위해 사용되는 위치 정보를 제공한다. 상기한 바와 같이, 중앙 주사프로브현미경(16)은 또한 웨이퍼(12)의 영역을 패턴화하기 위해 사용될 수 있다는 점에 유의해야 한다.



주사프로브현미경이 제 1 도구가 되는 제 2 상황의 예시로는 기관 표면에 대한 매우 국부적인 정보가 바람직한 영상화 응용이 있다. 마이크로컬럼(14)은 관심있는 영역을 찾기 위해 샘플을 신속하게 주사한다. 일단 관심 영역이 위치되면, 주사프로브현미경(16)은 집속하고 관심 영역에 관한 좀더 상세한 정보를 제공한다.

요약하면, 본 발명의 실시예들은 필드 크기에서의 여러 차수의 크기상의 서브나노미터 분해능을 이용한 영상화, mV 내지 kV의 폭넓은 에너지 범위상의 리소그래피, 및 재료의 고분해능 국부화 분석을 가능하게 한다. 리소그래피에서, 주사프로브현미경(16)을 위한 STM 또는 AFM의 선택은 특정한 응용에 달려있다. 또한, 장치(10)는 금속, 반도체, 및 절연체를 포함한 넓은 범위의 샘플 재료에 대해 사용될 수도 있다.

일부 특수 실시예를 참조하여 본 발명을 설명했지만, 상기 기재는 본 발명을 설명하기 위한 것으로서 본 발명을 제한하는 것으로 해석되어서는 안된다. 첨부한 청구의 범위에 의해 한정된 바와 같은 본 발명의 정신 및 범주를 벗어나지 않고서 당업자가 다양하게 수정할 수 있다. 예를 들어, 장치(10)는 STM, AFM, 또는 MFM 이외의 주사프로브현미경을 포함할 수도 있다. 다른 주사프로브현미경은 주사음향현미경, 주사정전용량현미경, 주사열현미경, 주사광학현미경, 및 주사 이온-도전성 현미경 등을 포함한다.

#### (57) 청구의 범위

##### 청구항 1.

지지구조체;

상기 지지구조체상에 장착된 제 1 전자빔 마이크로컬럼; 및

상기 지지구조체상에 장착되고 상기 제 1 마이크로컬럼과 관련된 제 1 주사프로브현미경 중 적어도 하나의 프로브를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

##### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 마이크로컬럼은 전자빔을 방출하기 위해 필드 에미터 튜를 갖는 포지셔너(positioner);

전자빔을 집속하기 위한 대물렌즈; 및

웨이퍼상에 전자빔을 주사하기 위한 편향기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

##### 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로컬럼과 관련된 검출기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

##### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 주사프로브현미경은 주사터널링현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 주사프로브현미경은 원자력 현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6.

제 1 항에 있어서,

제 2 마이크로컬럼; 및

상기 지지구조체에 장착된 제 2 주사프로브현미경 중 적어도 하나의 프로브를 더 포함하고, 상기 제 2 주사프로브현미경은 상기 제 2 마이크로컬럼과 관련되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 주사프로브현미경은 주사터널링현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8.

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 주사프로브현미경은 주사터널링현미경이고, 상기 제 2 주사프로브현미경은 원자력 현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 지지구조체는 제 1 마이크로컬럼의 일부 및 제 1 주사프로브현미경의 상기 프로브가 한정되는 결정 기판(crystalline substrate)을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 마이크로컬럼과 관련된 주사프로브현미경의 어레이를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11.

제 10 항에 있어서,

상기 어레이 중심에 있는 주사프로브현미경 중 적어도 하나는 주사터널링현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12.

제 10 항에 있어서,

상기 어레이의 가장자리에 있는 주사프로브현미경 중 적어도 하나는 원자력 현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13.

제 1 항에 있어서,

상기 지지구조체는 제 1 마이크로컬럼의 일부 및 제 1 주사프로브현미경의 상기 프로브가 한정되는 결정기판을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14.

전자빔 마이크로컬럼의 어레이; 및

상기 마이크로컬럼의 어레이 중 적어도 하나의 마이크로컬럼과 관련된 적어도 하나의 주사프로브현미경을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15.

제 14 항에 있어서,

상기 마이크로컬럼의 어레이의 각각의 마이크로컬럼은

전자빔을 방출하기 위해 필드 에미터 팁을 갖는 포지셔너;

전자빔을 집속하기 위한 대물렌즈; 및

웨이퍼상에 전자빔을 주사하기 위한 편향기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16.

제 14 항에 있어서,

적어도 하나의 주사프로브현미경은 주사터널링현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17.

제 14 항에 있어서,

적어도 하나의 주사프로브현미경은 원자력 현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18.

제 14 항에 있어서,

상기 마이크로컬럼의 어레이의 각각의 마이크로컬럼은 관련 주사프로브현미경을 갖는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19.

제 18 항에 있어서,

복수의 주사프로브현미경은 주사터널링현미경이고, 복수의 주사프로브현미경은 원자력 현미경인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20.

제 19 항에 있어서,

상기 마이크로컬럼의 어레이는 중심과 가장자리를 갖고, 상기 주사터널링현미경은 어레이의 중심에 위치하며, 상기 원자력 현미경은 가장자리를 따라 위치하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 21.

제 14 항에 있어서,

상기 마이크로컬럼의 어레이의 일부 및 적어도 하나의 주사프로브현미경의 프로브는 결정기판상에서 한정되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 22.

복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼를 검사 및 패턴화하는 방법에 있어서,

중심과 가장자리를 갖는 전자빔 마이크로컬럼의 어레이 및 상기 마이크로컬럼의 어레이 중 하나의 마이크로컬럼과 관련된 적어도 하나의 주사프로브현미경을 포함하는 표면 검사 및 미소제조용 장치를 제공하는 단계;

상기 마이크로컬럼의 어레이의 각각의 마이크로컬럼이 웨이퍼의 각각의 다이 영역상에 배치되도록 웨이퍼상에 상기 장치를 배치하는 단계; 및

마이크로컬럼의 어레이를 이용하여 웨이퍼의 다이 영역을 패턴화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼의 검사 및 패턴화방법.

청구항 23.

제 22 항에 있어서,

적어도 하나의 주사프로브현미경은 상기 어레이의 가장자리를 따라 위치하고,

웨이퍼상에 상기 장치를 배치하기 위해 적어도 하나의 주사프로브현미경으로부터 신호를 유도하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼의 검사 및 패턴화방법.

청구항 24.

제 23 항에 있어서,

적어도 하나의 주사프로브현미경은 원자력 현미경인 것을 특징으로 하는 복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼의 검사 및 패턴화방법.

청구항 25.

제 22 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 주사프로브현미경은 어레이의 중심부에 위치하고,

상기 적어도 하나의 주사프로브현미경을 이용하여 웨이퍼의 다이 영역을 패턴화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼의 검사 및 패턴화방법.

청구항 26.

제 25 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 주사프로브현미경은 주사터널링현미경인 것을 특징으로 하는 복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼의 검사 및 패턴화방법.

청구항 27.

제 22 항에 있어서,

상기 장치의 각각의 마이크로컬럼은 관련된 주사프로브현미경을 갖고, 어레이의 가장자리를 따라 위치한 복수의 주사프로브현미경은 원자력 현미경이며, 어레이의 중심에 위치한 복수의 주사프로브현미경은 주사터널링현미경이고,

웨이퍼상에 상기 장치를 배치하기 위해 상기 원자력 현미경으로부터 신호를 유도하는 단계; 및

상기 주사터널링현미경을 이용하여 웨이퍼의 다이 영역을 패턴화하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 복수의 다이 영역을 포함하는 웨이퍼의 검사 및 패턴화방법.

청구항 28.

전자빔을 이용하여 샘플을 조작하는 단계;

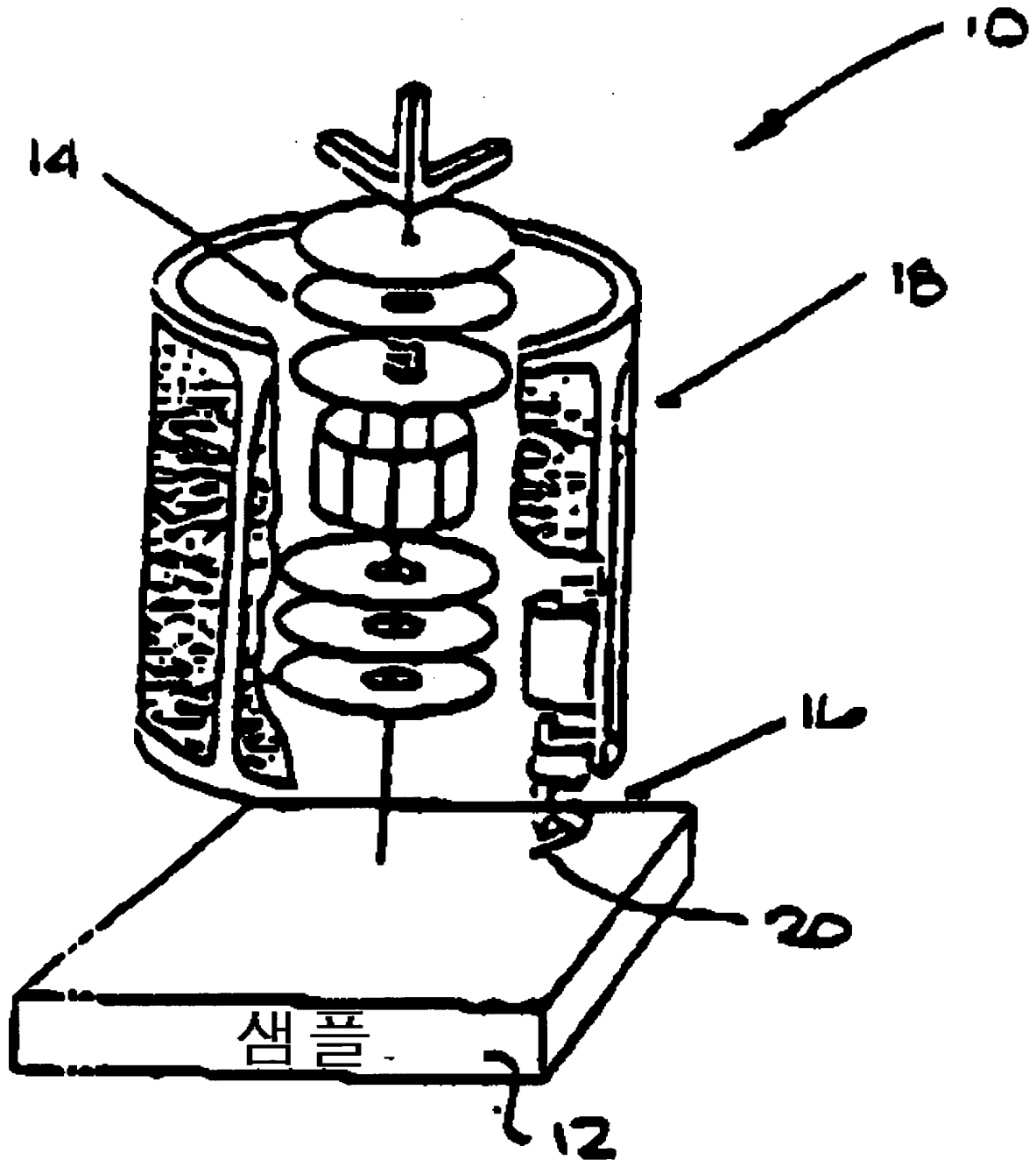
프로브를 이용하여 샘플을 미세하게 프로빙하는 단계; 및

상기 프로브로부터 신호를 유도하는 단계를 포함하고,

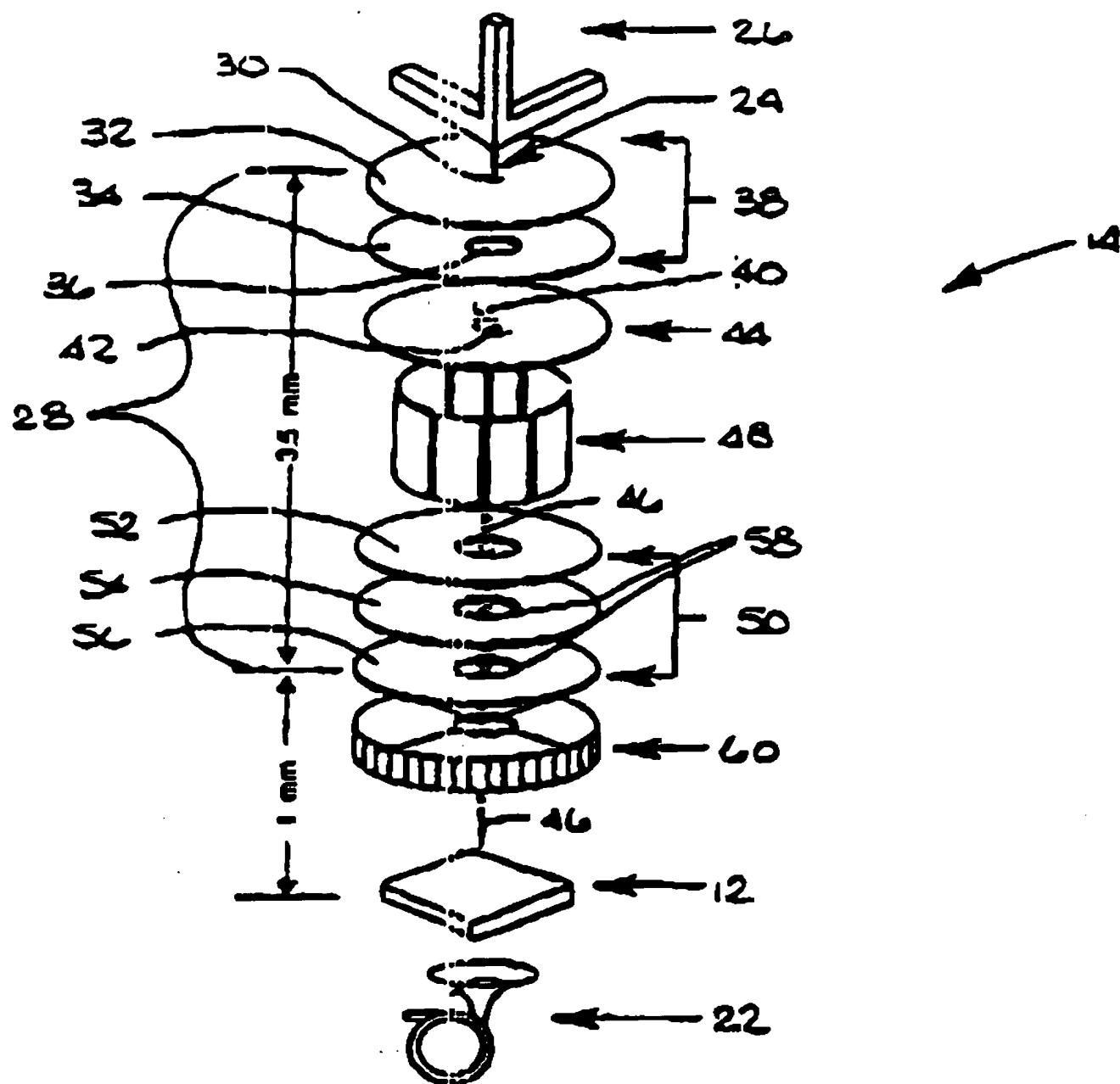
상기 빔 및 프로브는 한 장치내에 집적화되는 것을 특징으로 하는 샘플상에서의 조작방법.

도면

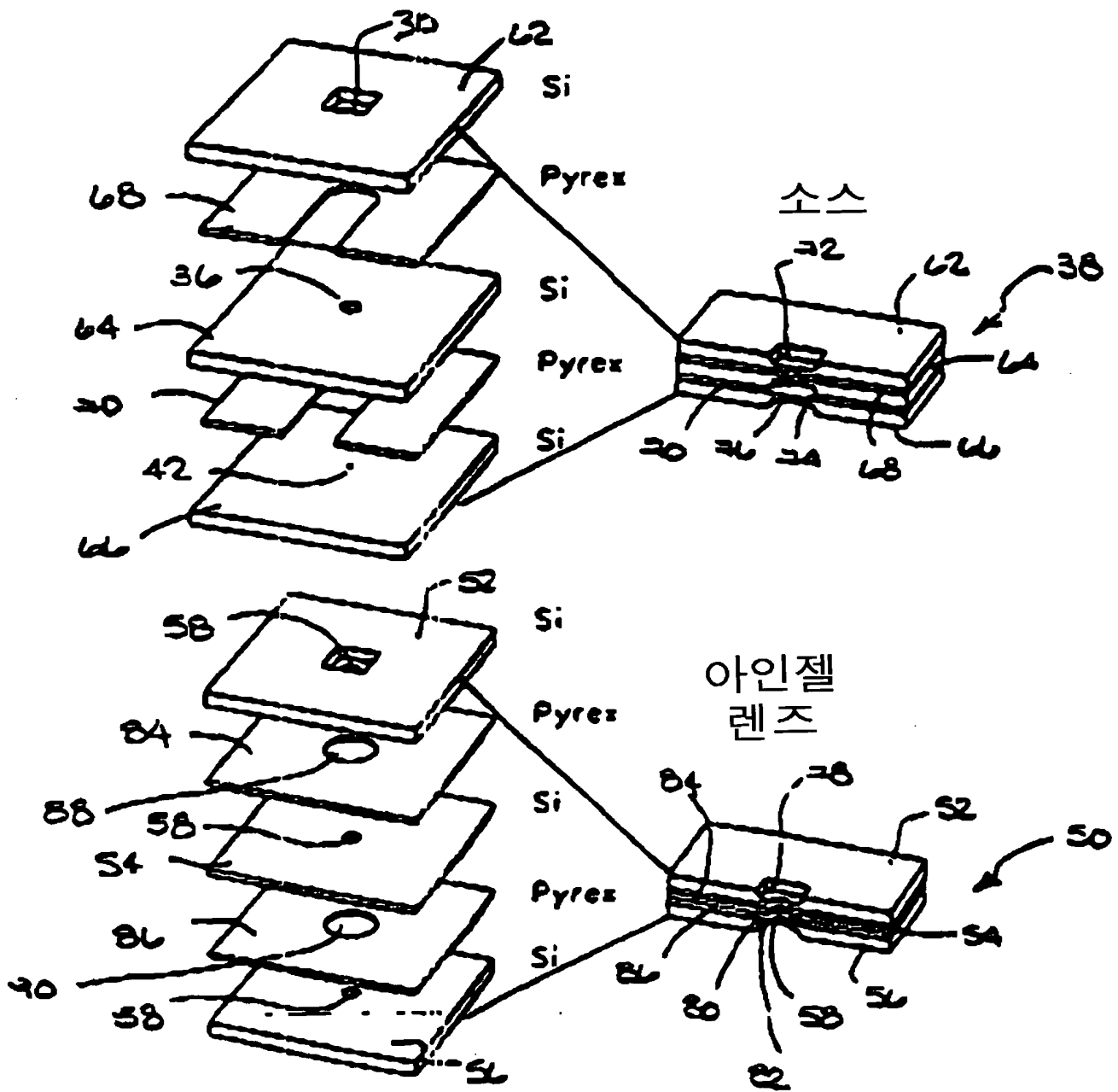
도면 1



도면 2

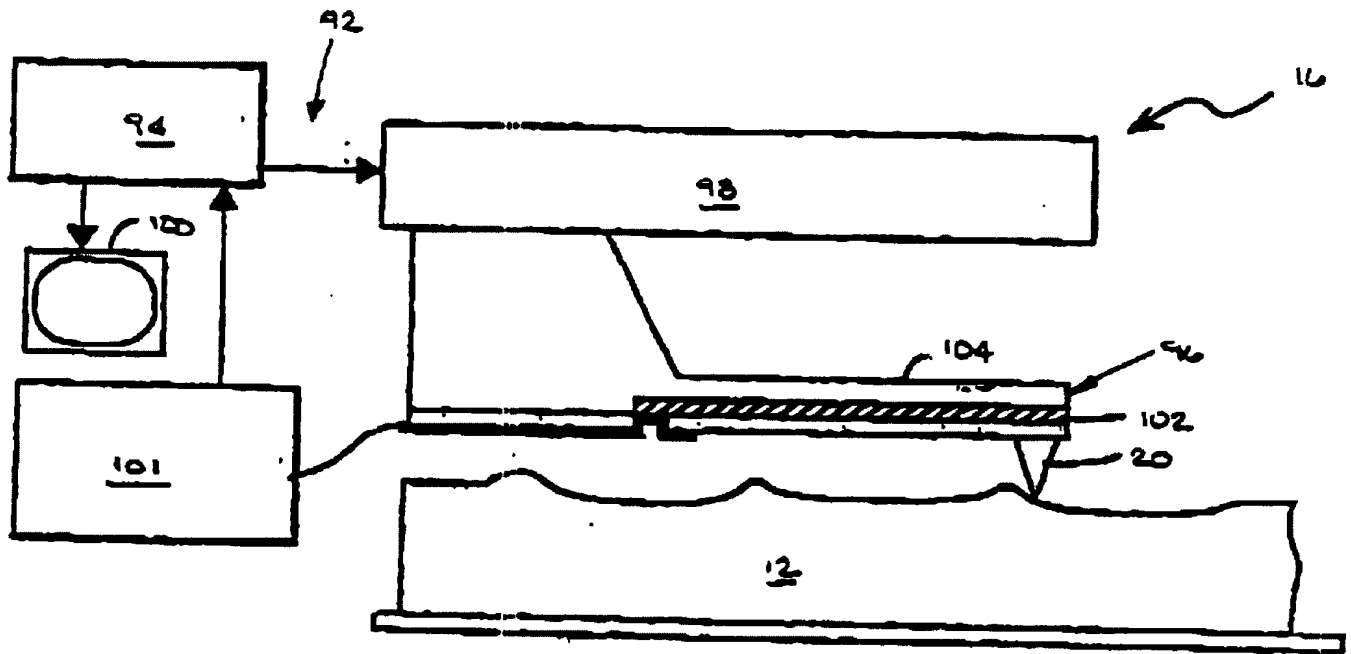


도면 3

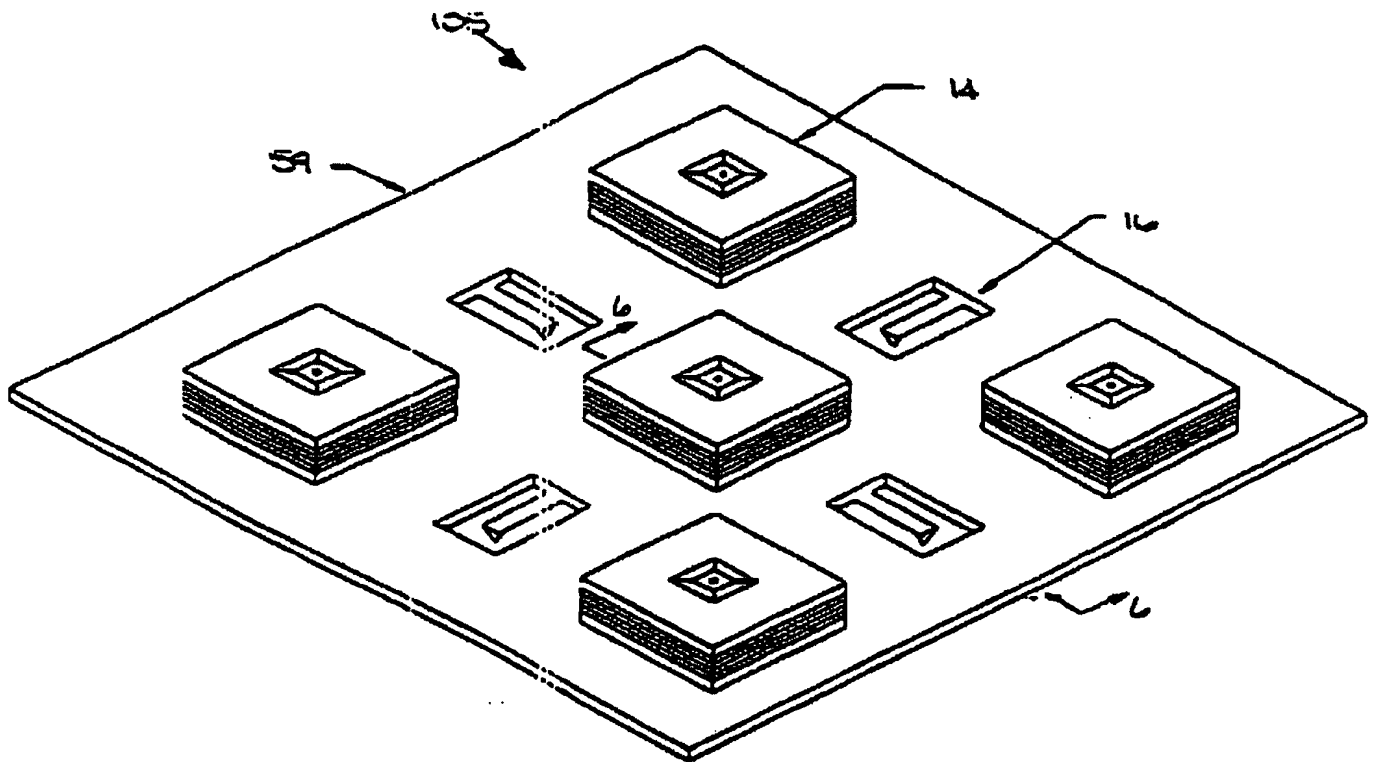




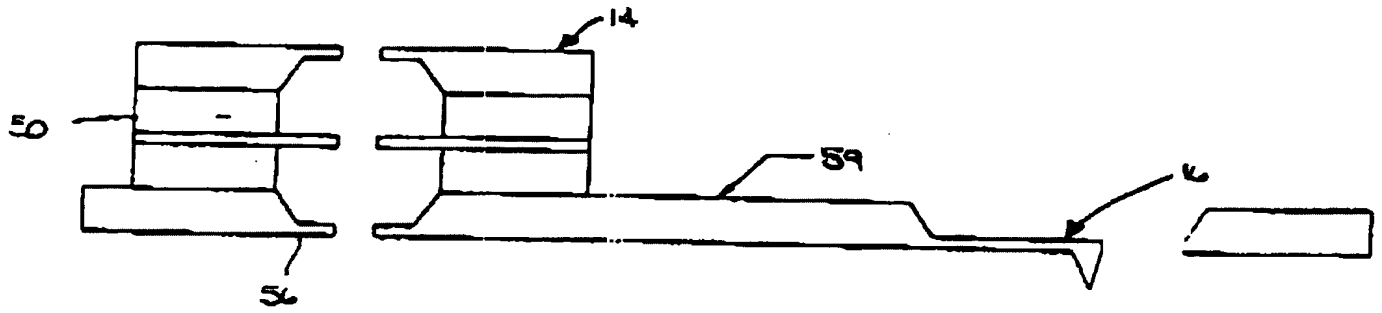
도면 4



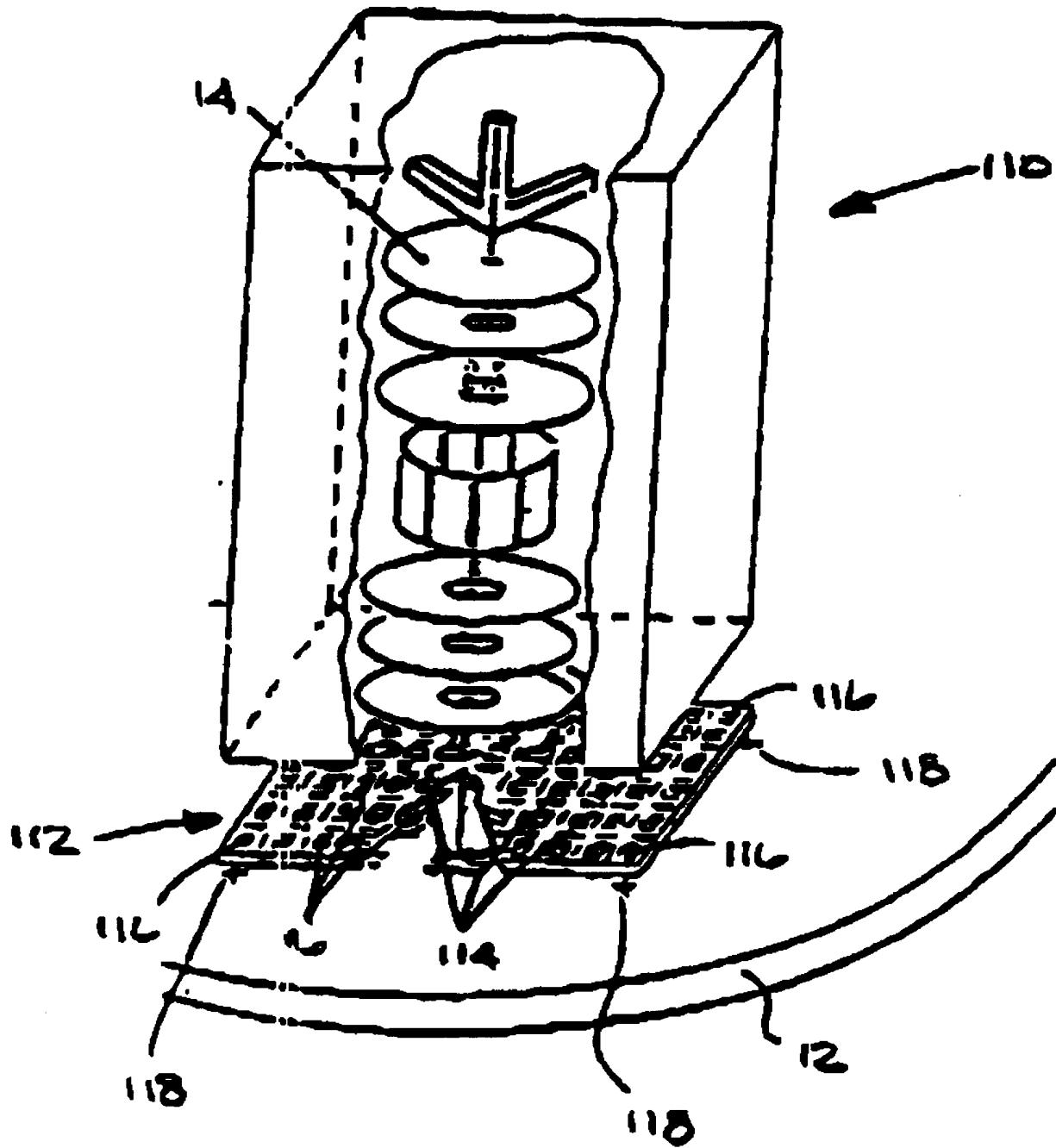
도면 5



도면 6



도면 7



도면 8

